

## ===== EPODOC =====

TI - Method for operating a multicylinder internal combustion engine with direct injection in the cylinder

AB - An IC engine with direct fuel injection has added control selecting one cylinder to vary the lambda value to produce a lean burn. Excess oxygen passes into the exhaust duct while another cylinder is controlled via its lambda value to produce a rich burn, passing excess fuel into the exhaust duct. This provides a controlled burn to raise the temperature of the catalytic converter to the operating value.

The change in burn conditions for the selected cylinders is transitory. The raised temperature in the catalytic converter reduces emission products during cold starting and also removes excess sulphur deposits during normal operation.

PN - EP0902172 A 19990317

AP - EP19980117229 19980911

PR - DE19971040482 19970915

PA - AUDI NSU AUTO UNION AG (DE)

IN - OTTOWITZ ALFRED (DE); PFALZGRAF BERNHARD (DE)

EC - F02B75/18

ICO - R02B75/12D ; R01N43/06

DT - \*

## ===== WPI =====

TI - Emission control for IC engine

AB - EP-902172 NOVELTY - An IC engine with direct fuel injection has added control selecting one cylinder to vary the lambda value to produce a lean burn. Excess oxygen passes into the exhaust duct while another cylinder is controlled via its lambda value to produce a rich burn, passing excess fuel into the exhaust duct. This provides a controlled burn to raise the temperature of the catalytic converter to the operating value.

- DETAILED DESCRIPTION - The change in burn conditions for the selected cylinders is transitory. The raised temperature in the catalytic converter reduces emission products during cold starting and also removes excess sulphur deposits during normal operation.

- USE - Fuel injection IC engine.

- ADVANTAGE - Improved emission control without separate feed into the exhaust duct.

- (Dwg.0/0)

PN - EP0902172 A2 19990317 DW199916 F01N3/20 Ger 004pp

- DE19740482 A1 19990318 DW199917 F02B37/12 000pp

PR - DE19971040482 19970915

PA - (NSUM ) AUDI AG

IN - OTTOWITZ A; PFALZGRAF B

DC - Q51 Q52

IC - F01N3/10 ; F01N3/20 ; F02B37/12 ; F02D23/02

AN - 1999-182587 [16]

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

(19)



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



(11)

**EP 0 902 172 A2**

(12)

## **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
17.03.1999 Patentblatt 1999/11

(51) Int. Cl.<sup>6</sup>: **F01N 3/20**

(21) Anmeldenummer: 98117229.9

(22) Anmeldetag: 11.09.1998

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU  
MC NL PT SE**  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
**AL LT LV MK RO SI**

(30) Priorität: 15.09.1997 DE 19740482

(71) Anmelder: **AUDI AG**  
**85045 Ingolstadt (DE)**

(72) Erfinder:  
• **Ottowitz, Alfred**  
**85084 Reichertshofen (DE)**  
• **Pfalzgraf, Bernhard**  
**85051 Ingolstadt (DE)**

(74) Vertreter: **Deimling, Annette**  
**Audi AG,**  
**Patentabteilung**  
**85045 Ingolstadt (DE)**

(54) **Verfahren zum Betreiben einer mehrzylindrigen Brennkraftmaschine mit Direkteinspritzung in den Zylinder**

(57) Zum Heizen eines Katalysators, zum Ausräumen von Schwefelablagerungen in einem Katalysator sowie zum Beschleunigen des Ansprechens eines Abgasturboladers wird ein Verfahren zum Betreiben einer mehrzylindrigen Brennkraftmaschine mit Benzindirekteinspritzung in die Zylinder vorgeschlagen, bei welchem zur Nachverbrennung des Benzins innerhalb des Abgastraktes wenigstens ein Zylinder von Zyklus zu Zyklus abwechselnd bei einem Lambdawert größer oder kleiner oder gegebenenfalls gleich 1.0 betrieben wird, und wenigstens ein anderer Zylinder von Zyklus zu Zyklus abwechselnd bei einem Lambdawert kleiner oder größer oder gegebenenfalls gleich 1.0 betrieben wird. Dadurch kann innerhalb des Abgastraktes der Brennkraftmaschine eine Nachverbrennung stattfinden, die ohne zusätzliche Einspritz- und Zündvorrichtung, ohne Sekundärluftpumpe sowie ohne aufwendige temperaturabhängige Regelung auskommt.

**EP 0 902 172 A2**

## Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben einer mehrzylindrigen Brennkraftmaschine mit Direkteinspritzung in den Zylinder.

[0002] Bei Brennkraftmaschinen wird angestrebt, durch Nachverbrennung des Kraftstoffs einen Katalysator möglichst schnell auf seine Betriebstemperatur zu bringen, ein thermisches Ausräumen des im Katalysator abgelagerten Schwefels zu ermöglichen sowie das Ansprechverhalten eines eventuell vorgesehenen Abgasturboladers zu verbessern.

[0003] Um dieses Ziel zu erreichen, ist es aus dem Stand der Technik bekannt, im Abgastrakt einer Brennkraftmaschine zusätzliche Einspritz- und/oder Zündvorrichtungen für die Nachverbrennung von Kraftstoff anzuordnen. Beispielhaft sei hier die Druckschrift DE 41 39 291 A1 zitiert. Beim Gegenstand dieser Druckschrift wird über eine Leitung im Bereich des Abgaskrümmers eine zusätzliche Menge an Kraftstoff zugeführt, welche im Katalysator beziehungsweise vor dem Abgasturbolader mittels eines Glühstifts fremdgezündet wird. Diese zusätzlichen Vorrichtungen haben jedoch den Nachteil, daß sie den Aufbau der Brennkraftmaschine wesentlich komplizieren und darüber hinaus eine aufwendige Ansteuerung erforderlich machen.

[0004] Zudem ist es aus dem Stand der Technik bekannt, eine Sekundärluftpumpe vorzusehen, welche zum Aufheizen des Katalysators auf Betriebstemperatur dient.

[0005] Schließlich ist in der Druckschrift DE 195 22 165 C2 ein Verfahren für die Regelung einer Verbrennungskraftmaschine beschrieben, das bereits ohne separate Einrichtungen zum Zuführen von Sauerstoff oder Luft in den Abgastrakt auskommt. Bei diesem Verfahren wird mittels einer Luftkraftstoffverhältnisregelungseinrichtung das Luftkraftstoffverhältnis in einem Teil der Zylinder auf einen Wert geregelt, der geringer ist als das theoretische Luftkraftstoffverhältnis, und das Luftkraftstoffverhältnis in den übrigen Zylindern auf einen Wert geregelt, der höher ist als das theoretische Luftkraftstoffverhältnis, wodurch Kraftstoff und Luft in das Auspuffgas eingeleitet werden. Damit bei diesem Verfahren die Temperatur der Katalysatoreinrichtung auf einem vorbestimmten Wert gehalten werden kann, muß das Luftkraftstoffverhältnis außerdem in Abhängigkeit von der Katalysatortemperatur geregelt werden.

[0006] Vor diesem Hintergrund ist es Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren zum Betreiben einer mehrzylindrigen Brennkraftmaschine mit Direkteinspritzung in die Zylinder zu konzipieren, welches die Nachverbrennung des Benzins innerhalb des Abgastraktes ohne zusätzliche Einspritz- und Zündvorrichtungen, ohne Sekundärluftpumpen sowie ohne temperaturabhängige Regeleinrichtungen realisierbar macht.

[0007] Gelöst wird diese Aufgabe durch die Merkmale des Patentanspruchs 1, indem zur Nachverbrennung des Benzins innerhalb des Abgastraktes wenigstens ein

Zylinder von Zyklus zu Zyklus abwechselnd bei einem LambdaWert größer oder kleiner oder gegebenenfalls gleich 1.0 betrieben wird, und wenigstens ein anderer Zylinder von Zyklus zu Zyklus abwechselnd bei einem LambdaWert kleiner oder größer oder gegebenenfalls gleich 1.0 betrieben wird. Dadurch gelangt in einem Zyklus mittels des wenigstens einen mager betriebenen Zylinders überschüssiger Sauerstoff in das Abgas und mittels des wenigstens einen anderen fett betriebenen Zylinders überschüssiger Kraftstoff in das Abgas oder gelangt abwechselnd dazu in einem anderen Zyklus mittels des wenigstens einen fett betriebenen Zylinders überschüssiger Kraftstoff in das Abgas und mittels des wenigstens einen anderen mager betriebenen Zylinders überschüssiger Sauerstoff in das Abgas oder gelangt gegebenenfalls abwechselnd dazu in einem weiteren Zyklus weder überschüssiger Sauerstoff noch überschüssiger Kraftstoff in das Abgas. Von besonderer Bedeutung ist hierbei, daß von Zyklus zu Zyklus umgeschaltet wird, so daß im Abgastrakt keine ungleiche Temperaturverteilung auftritt, wodurch sich die Lebensdauer der Abgasanlage gegenüber dem Stand der Technik deutlich erhöht und eine temperaturabhängige Regelung der Luftkraftstoffverhältnisse entfallen kann.

[0008] Der überschüssige Sauerstoff und der überschüssige Kraftstoff können sich innerhalb des Abgastraktes durchmischen und exotherm miteinander reagieren, so daß es zu einer Nachverbrennung des Benzins kommt. Dabei verlagert sich die Nachverbrennung bis weit in den Abgastrakt hinein, wobei der damit verbundene Temperaturanstieg einen im Abgastrakt angeordneten Katalysator aufheizt. Durch die Aufheizung kann der Katalysator seine Betriebstemperatur schneller erreichen und leichter beibehalten. Bei einer Aufheizung auf entsprechend hohe Temperaturen oberhalb von 650 Grad Celsius kann der Katalysator zudem auch entgiftet werden, indem der darin abgelagerte Schwefel abgebaut wird. Abgesehen von der Aufheizung tritt durch die Nachverbrennung des Benzins innerhalb des Abgastraktes auch ein Druckanstieg vor einem im Abgastrakt angeordneten Abgasturbolader auf. Die Aufheizung sowie der Druckanstieg führen zu einem verbesserten Ansprechverhalten des Abgasturboladers. Auf zusätzliche Vorrichtungen für die Einspritzung und Zündung des Benzins kann dabei verzichtet werden, da das Benzin durch die im Brennraum obligatorisch angeordnete Einspritzdüse direkt in den Brennraum und von dort aus in den Abgastrakt befördert wird. Im Abgastrakt wird das Benzin schließlich durch exotherme Reaktion mit dem überschüssigen Sauerstoff gezündet.

[0009] Das erfindungsgemäße Verfahren zum Betreiben einer mehrzylindrigen Brennkraftmaschine ist auch bei kalten Brennkraftmaschinen anwendbar, wobei der wenigstens eine mager betriebene Zylinder jedoch nur eingeschränkt mager betrieben werden kann. Durch die Anwendung dieses Verfahrens bei kalten Brennkraftmaschinen, können die bislang notwendigen Sekundärluft-

pumpen entfallen.

**[0010]** Bevorzugt werden der wenigstens eine Zylinder und der wenigstens eine andere Zylinder der Brennkraftmaschine zyklusweise im Magerbetrieb bei einem Lambdawert von ca. 1.4 bis 6.0 betrieben, damit ein für die exotherme Reaktion ausreichender Luftüberschuß bereitgestellt wird.

**[0011]** Dagegen werden der wenigstens eine Zylinder und der wenigstens eine andere Zylinder der Brennkraftmaschine zyklusweise im fetten Betrieb bei einem Lambdawert von ca. 0.7 bis 0.9 betrieben, so daß der überschüssige Kraftstoff noch gasförmig im Abgas der Zylinder gelöst ist.

**[0012]** Weist die mehrzylindrige Brennkraftmaschine abgesehen von dem wenigstens einen Zylinder und dem wenigstens einen anderen Zylinder noch wenigstens einen weiteren Zylinder auf, so sollte(n) der/diese Zylinder regulär, das heißt bei einem Lambdawert von ca. 1.0, betrieben werden.

**[0013]** Vorteilhaft werden der wenigstens eine Zylinder, der wenigstens eine andere Zylinder und gegebenenfalls der wenigstens eine weitere Zylinder der Brennkraftmaschine während jedes Zyklus im Mittel bei einem gemeinsamen mittleren Lambdawert von 1.0 betrieben. Denn die Einhaltung eines gemeinsamen mittleren Lambdawertes von 1.0 bewirkt, daß der Katalysator mit sehr hohem Wirkungsgrad arbeitet und daher mit und ohne Nachverbrennung eine optimale Entgiftung des Abgases der Brennkraftmaschine stattfindet.

**[0014]** Besonders vorteilhaft wird der mittlere Lambdawert aller Zylinder der Brennkraftmaschine über einen Kurbelwellenwinkelbereich von mindestens 720 Grad gebildet. Denn auf diese Weise ist die Auswertung der Lambdasignale ausreichend träge, so daß der mittlere Lambdawert aller Zylinder zur Regelung verwendet werden kann.

**[0015]** Zweckmäßig werden der wenigstens eine Zylinder und der wenigstens eine andere Zylinder der mehrzylindrigen Brennkraftmaschine zyklusweise nach einer festgelegten Reihenfolge abwechselnd bei einem Lambdawert größer, kleiner oder gleich 1.0 betrieben. Mit diesem Merkmal wird erreicht, daß sich im Abgastrakt nahezu keine thermischen Spannungen ausbilden und daß das gesamte Abgas noch stärker auf konstanter Temperatur gehalten wird. Dadurch wird eine bessere exotherme Reaktion erreicht, so daß stets eine Nachverbrennung stattfinden kann. Denn nur dann, wenn die Nachverbrennung des Benzins auch tatsächlich stattfindet, ist gewährleistet, daß Temperatur und Druck im Abgastrakt nicht auf unerwünscht tiefe Werte absinken und Verbrennungsrückstände im Abgastrakt keine unerwünscht hohen Werte erreichen. Die Reihenfolge kann hierbei einfach entsprechend der Zündfolge der Zylinder festgelegt werden.

**[0016]** Der wenigstens eine Zylinder und der wenigstens eine andere Zylinder können in jedem Zyklus durch eine Variation von Zündwinkel, Einspritzdauer

und Einspritzzeitpunkt aussetzerfrei betrieben werden. Dazu wird beispielsweise in dem Zyklus bei dem der wenigstens eine andere Zylinder mit einem Lambdawert kleiner 1.0 betrieben wird, der Zündwinkel für diesen Zylinder in Richtung „spät“ verschoben.

**[0017]** Außerdem können der wenigstens eine Zylinder und der wenigstens eine andere Zylinder in jedem Zyklus durch eine Variation von Zündwinkel, Einspritzdauer und Einspritzzeitpunkt auch bei einem ungefähr gleichen Mitteldruckwert betrieben werden.

**[0018]** Erfolgt die Benzindirekteinspritzung zumindest teilweise bei geöffnetem Auslaßventil der Brennkraftmaschine, so kann hierdurch die thermische Nachreaktion im Abgastrakt noch weiter verbessert werden.

**[0019]** Ist die Benzindirekteinspritzung auf das geöffnete Auslaßventil hin gerichtet, so kann das Benzin fast direkt in den Abgastrakt eingebracht werden.

**[0020]** Und findet die Benzindirekteinspritzung pro Zyklus wenigstens zweimal statt, so kann noch zusätzlicher Kraftstoff, der zur eigentlichen Verbrennung im Brennraum kaum beiträgt, in den Abgastrakt eingebracht werden.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben einer mehrzylindrigen Brennkraftmaschine mit Benzindirekteinspritzung in die Zylinder, wobei zur Nachverbrennung des Benzins innerhalb des Abgastraktes wenigstens ein Zylinder von Zyklus zu Zyklus abwechselnd bei einem Lambdawert größer oder kleiner oder gegebenenfalls gleich 1.0 betrieben wird und wenigstens ein anderer Zylinder von Zyklus zu Zyklus abwechselnd bei einem Lambdawert kleiner oder größer oder gegebenenfalls gleich 1.0 betrieben wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der wenigstens eine Zylinder und der wenigstens eine andere Zylinder zyklusweise bei einem Lambdawert von ca. 1.4 bis 6.0 betrieben werden.
3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der wenigstens eine Zylinder und der wenigstens eine andere Zylinder zyklusweise bei einem Lambdawert von ca. 0.7 bis 0.9 betrieben werden.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens ein weiterer Zylinder zyklusweise bei einem Lambdawert von ca. 1.0 betrieben wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß der wenigstens eine Zylinder, der wenigstens eine andere Zylinder und gegebenenfalls der wenigstens eine weitere Zylinder

der während jedes Zyklus einen gemeinsamen mittleren Lambdawert von ca. 1.0 aufweisen.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5,  
dadurch gekennzeichnet, daß das Mittel der Lambdawerte über einen Kurbelwellenwinkelbereich von mindestens 720 Grad gebildet wird. 5
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6,  
dadurch gekennzeichnet, daß der wenigstens eine Zylinder und der wenigstens eine andere Zylinder zyklusweise nach einer festgelegten Reihenfolge abwechselnd mit einem Lambdawert größer, kleiner oder gleich 1.0 betrieben werden. 10  
15
8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Reihenfolge entsprechend der Zündfolge festgelegt wird.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8,  
dadurch gekennzeichnet, daß der wenigstens eine Zylinder und der wenigstens eine andere Zylinder in jedem Zyklus durch Variation von Zündwinkel, Einspritzdauer und Einspritzzeitpunkt aussetzerfrei betrieben werden. 20  
25
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9,  
dadurch gekennzeichnet, daß der wenigstens eine Zylinder und der wenigstens eine andere Zylinder in jedem Zyklus durch Variation von Zündwinkel, Einspritzdauer und Einspritzzeitpunkt bei einem ungefähr gleichen Mitteldruckwert betrieben werden. 30
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10,  
dadurch gekennzeichnet, daß die Benzindirekteinspritzung zumindest teilweise bei geöffnetem Ventile 35
12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Benzindirekteinspritzung auf das geöffnete Auslaßventil hin gerichtet ist. 40
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12,  
dadurch gekennzeichnet, daß die Benzindirekteinspritzung pro Zyklus wenigstens zweimal stattfindet. 45

50

55